

# 스펙트럼 마스크를 이용한 주파수 변조 방식의 점유 주파수 대역폭 측정에 관한 연구

A Study on Occupied Bandwidth Measurement of Frequency Modulation Scheme Using  
Spectrum Mask

**김동수** (광운대학교 전파공학과)      **김상희** (광운대학교 전파공학과)      **김중헌** (광운대학교 전파공학과, 교수)

Key Words : 점유 주파수 대역폭, Carson의 법칙, 스펙트럼 마스크

## 목 차

- |  |  |
|--|--|
| <p>I. 서 론</p> <p>II. FM 점유 주파수 대역폭 측정</p> <p>    1. FM 신호 점유 주파수 대역폭 계산</p> <p>    2. 신호 발생기를 이용한 모의실험</p> | <p>3. 국내 전파환경에 맞는 수정된 FM 스펙트럼 마스크</p> <p>4. On-Air 상에서의 FM 방송 측정</p> <p>III. 결 론</p> |
|--|--|

## I. 서 론

현재 국내 FM 신호에 대한 점유 주파수 대역폭 측정은 Minilock이나 ESN 장비를 사용하여 주파수 편이를 측정하고, 그 값을 Carson의 법칙에 적용하여 계산하는 간접측정이다.[2] 그러나, Carson의 법칙을 이용하여 On-Air 상에서 측정된 점유 주파수 대역폭은 공식을 이용한 간접측정이므로 그 값이 정확하지 않다는 단점이 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 ITU-R Rec. SM. 1268에서는 실험적인 결과를 토대로 간단한 마스크 패턴을 이용하여 FM 신호에 대한 점유 주파수 대역폭 측정을 권고하고 있다.[7] 그러나 ITU-R에서 권고하는 감시국용 스펙트럼 마스크는 모노포닉 방송에 제한된 것이므로 현재 국내의 기술 기준에 고시된 다중 방송 용에는 적용하기 어려운 실정이다. 그러므로 본 연구에서는 스펙트럼 분석기를 이용한 FM 신호에 대한 점유 주파수 대역폭 직접 측정 방법으로 국내 전파 환경에 맞는 수정된 스펙트럼 마스크 패턴을 연구하였다.

$$B \cong 2\Delta f + 2f_m = 2\Delta f \left(1 + \frac{1}{\beta}\right) = 2(\beta + 1)f_m \quad (1)$$

$f_m$ : 변조 주파수,  $\Delta f$ : 주파수 편이

$\beta$ : 변조지수

위 식 (1)을 이용하여 FM 방식별 대역폭을 계산하면 표 1과 같다.

표 1에서 스테레오포닉 방송 허가 대역폭은 260 kHz로 모노포닉 방송 180 kHz보다 80 kHz만큼 큰 차이가 있는 반면, Carson의 법칙에 의해 계산된 스테레오포닉 방송의 점유 주파수 대역폭은 오히려 모노포닉 방송보다 6.5 kHz, 방송 허가 대역폭에 대해 86.5 kHz 적게 나타났다. 또 Carson의 법칙에 의해 계산된 스테레오포닉 방송의 점유 주파수 대역폭은 공식을 이용한 간접측정이므로 정확하다 볼 수 없다.

<표 1> FM방송 방식별 대역폭 산정

방송방식	기술기준	대역폭 (kHz)	방송 허가 대역폭 (kHz)
Monophonic	$f_m=15\text{kHz}$ , $\Delta f=75\text{ kHz}$ $\beta=5$	180	180
Stereophonic	$f_m=53\text{ kHz}$ , $\Delta f=33.75\text{ kHz}$ $\beta=0.636$	173.5	260
부가서비스-Stereophonic	$f_m=99\text{ kHz}$ , $\Delta f=7.5\text{ kHz}$ $\beta=0.0758$	213	260

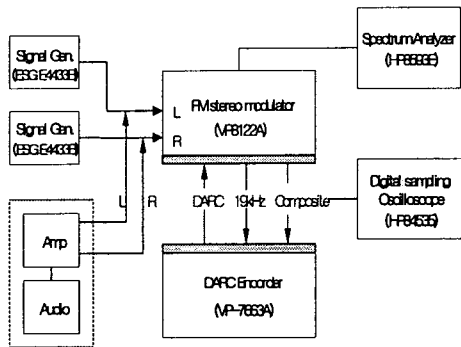
## II. FM 신호 점유 주파수 대역폭 측정

### 1. FM 신호 점유 주파수 대역폭 계산

현재 국내 FM 신호에 대한 점유 주파수 대역폭 측정은 Carson의 법칙에 적용하여 계산하며 FM 신호의 점유 주파수 대역폭은 다음과 같이 정의할 수 있다.

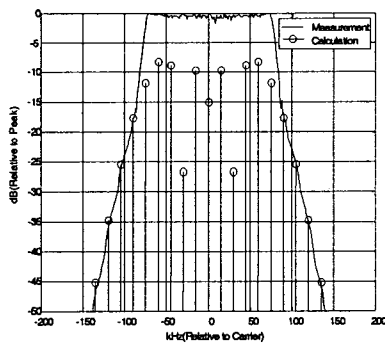
## 2. 신호 발생기를 이용한 모의실험

On-Air 상에서 FM 방송 스펙트럼 점유 주파수 대역폭 측정에 앞서 국내 FM 방송국과 동일한 조건의 시스템으로 구성하여 모의실험을 하였다. 그림 3은 모의실험을 위한 FM 방송 점유 주파수 대역폭 측정 시스템의 구성도이다. 측정된 신호는 FM 모노포닉, FM 스테레오포닉 및 부가방송(DARC)이다.

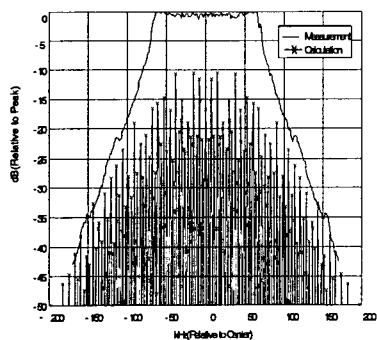


<그림 3> 측정 시스템 구성도

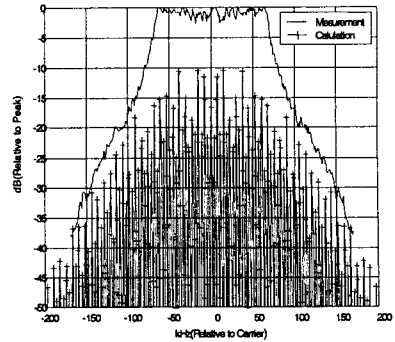
방송 형식별로 Matlab으로 시뮬레이션한 이론적 스펙트럼과 모의실험을 통해 측정된 FM 스펙트럼과 비교하여 그림 4, 그림 5, 그림 6과 같이 나타내었다. 다양한 FM 신호의 이론적인 값이, 측정된 FM 스펙트럼에 포함되며, 이론 및 측정결과 모두 유사한 스펙트럼 형태를 갖는 것을 볼 수 있다.



<그림 4> 모노포닉 방송 스펙트럼의 이론과 모의 실험 측정 결과 비교



<그림 5> 스테레오포닉 방송 스펙트럼의 이론과 모의실험 측정 결과 비교

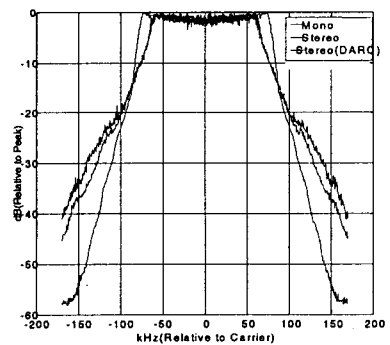


<그림 6> 부가방송이 있는 스테레오포닉 방송 스펙트럼의 이론과 모의실험 측정 결과 비교

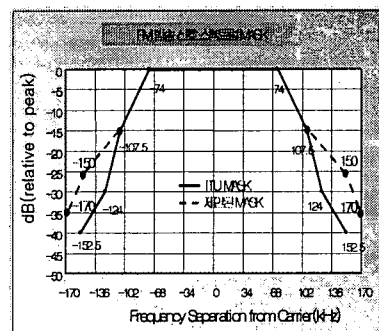
## 3. 국내 전파환경에 맞는 수정된 FM 스펙트럼 마스크

ITU-R에서 제안된 감시국용 스펙트럼 마스크에 우리나라 FM 방송을 적용하기 위해서는 국내 방송 실정에 맞도록 스펙트럼 마스크의 재조정이 필요하다. 그 이유는 ITU-R에서 제안된 것은 모노포닉 방송만을 위한 것으로 우리나라의 다중 FM 방송용에는 적합하지 않기 때문이다.

그림 7과 같이 모의실험을 통해 얻은 FM 스펙트럼들은 기준레벨로부터 -15 dB 떨어진 지점에서 모노포닉 방송, 스테레오포닉 방송, 부가방송이 있는 스테레오포닉 방송이 모두 같으므로 ITU-R 권고 마스크를 따랐다. 다만 스테레오포닉 방송과 부가방송이 있는 스테레오포닉 방송은 각각 -26dB에서 120~130kHz, 125~135kHz, -35dB에서 140~150kHz, 150~160kHz 정도되므로 여유분을 포함하여 FM 방송용 표준 스펙트럼 마스크 구조를 그림 8과 표 3과 같이 설정하였다.



<그림 7> 방송 방식별 모의실험 FM 스펙트럼



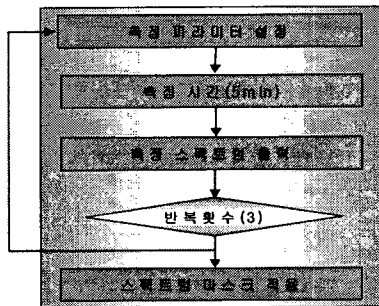
<그림 8> 제안된 FM 방송 신호용 스펙트럼 마스크

<표 3> 주파수 간격별 상대값

X-축(kHz)	Y-축(dB)
fo - 74	0
fo - 107.5	-15
fo - 150	-26
fo - 170	-35
fo + 74	0
fo + 107.5	-15
fo + 150	-26
fo + 170	-35

이 때 사용되는 측정방법과 측정장비의 파라미터는 그림 8과 표 4와 같이 ITU-R Rec. SM.1268에 따라 정하였다.

지금까지 On-Air 상에서의 FM 방송 점유 대역폭 측정을 위해 이론적 고찰과 모의실험한 FM 방송용 시스템의 출력 신호를 측정함으로써 ITU-R에서 제안한 FM 스펙트럼 마스크를 참조하여 국내 다중 FM 방송 실정에 맞도록 제안하였다.



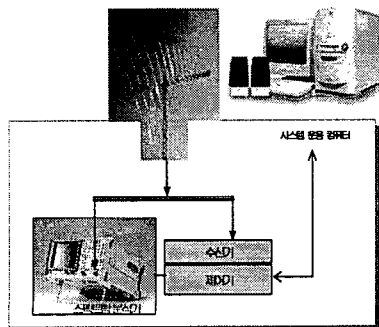
<그림 8> 측정 흐름도

<표 4> 측정 파라미터 설정

Parameter	설정 값
RBW	10 kHz (IF Filter)
VBW	10 kHz (Video Filter)
Span	340 kHz
Sweep Time	340 ms (1 ms/kHz)
Mode	Max Hold Mode

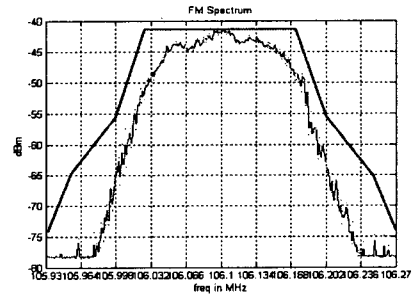
#### 4. On-Air 상에서의 FM 방송 측정

제안한 국내 FM 방송용 스펙트럼 마스크를 적용해서 On-Air 상에서 여러 종류의 국내 FM 방송을 측정하였다. On-Air 상에서의 측정을 위한 장비 및 운용 기기는 그림 10과 같다.

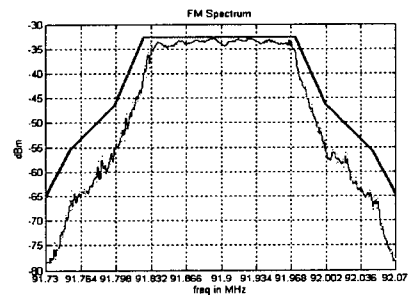


<그림 10> FM 라디오 방송신호 측정 시스템

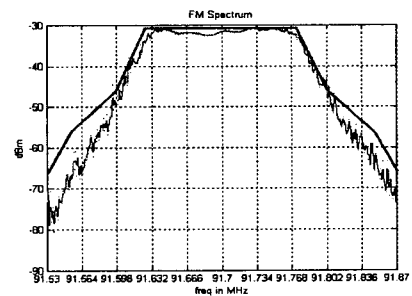
그림 11은 On-Air 상에서 실시간으로 방송되는 FM 신호를 제안된 마스크에 적용한 결과이다. FM 스테레오노브 및 부가방송을 포함하는 대부분의 신호가 그림 11의 (a), (b), (c) 처럼 제안된 스펙트럼 마스크에 포함되었으며, 일부 제안된 스펙트럼 마스크에 포함되지 않고 점유 대역폭이 기준보다 벗어난 방송 신호 또한 그림 11 (d)와 같이 측정되었다. 마스크에서 벗어난 방송은 점유 대역폭을 기준에 비해 넓게 사용하고 있는 방송으로 추정된다.



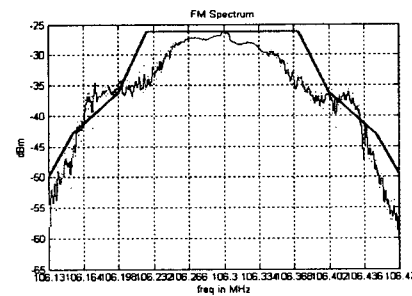
(a)



(b)



(c)



(d)

<그림 11> 스펙트럼 마스크를 On-Air 상에서의 측정 적용 예

### III. 결 론

국내 FM 신호에 대한 점유 주파수 대역폭 측정은 Carson의 법칙을 이용한 간접측정 방식이므로 On-Air 상에서 스펙트럼을 감시하여 대역폭을 산출하기에는 적합하지 않다. 본 연구에서는 국내 전파 환경에 맞도록 수정된 스펙트럼 마스크를 이용하여 On-Air 상에서 다양한 FM 방송의 신호에 적용하였다. 그 결과 대부분의 FM 스테레오폰 방송 신호가 제안된 스펙트럼 마스크에 포함되었으며 향후 전파감시 업무를 위한 On-Air 상에서 FM 방송 점유 주파수 대역폭 측정에 적용할 수 있을 것이라 예상된다.

### 참고문헌

1. 김종현, 전파품질 측정기준에 관한 연구, 한국전자통신연구원 최종보고서, 2001
2. 김영수, 김달중, 전파품질 측정방법 연구, 전파연구소 최종보고서, 1997
3. 하덕용, 전파환경보호 및 전파감시기술분야 연구보고서, 전파연구소, 1997
4. 무선통신기기의 측정방법 해설서, 한국전파진흥협회, 1998, 11
5. Spectrum monitoring handbook, International Telecommunication Union 1995
6. 스펙트럼 분석기의 원리와 응용, 한국무선국관리사업단, 2000, 1
7. ITU, ITU-R Recommendations, Spectrum Management Techniques, 1994 SM series Volume, 1994